

ハンチを有する樋門函体を対象とした CFRP グリッドのせん断補強効果に関する検討

(株)SNC 正会員 ○宮野 暢紘 (株)SNC 非会員 原田 樹菜 九州大学大学院 正会員 山口 浩平
 新日鉄住金マテリアルズ(株) 正会員 谷口 碩士 九州大学大学院 フェロー会員 日野 伸一

1. はじめに

東日本大震災以降、地下地中に埋没している樋門構造物(写真-1 参照)の函体の隔壁のせん断補強対策が急務とされている。従来のせん断補強工法は、ハンチ部を削孔し補強鉄筋を腹部に沿って定着させるため既設鉄筋を切断する恐れがあること、また増厚により樋門の取水排水機能を低下させることが懸念された。そこで筆者らはアンカー定着が不要な工法として炭素繊維格子筋(以下 CFRP グリッド)をポリマーセメントモルタル(以下 PCM)にて吹付ける工法を実スケール 1/3 の試験体にて検討を行ってきた¹⁾。その結果、上下のハンチを定着領域とすることで効果的にせん断力に抵抗することが明らかとなった。本研究では、実構造物と同一スケールのハンチを有する RC はりを作製し、これに補強筋量を変えた CFRP グリッドを配置して PCM にて吹付けを施し載荷試験を行い、本工法の実構造物への適用を検討することとした。



写真-1 樋門構造物

2. 試験概要

供試体形状は既設構造物を模した RC はり(I 桁)とし、有効高さ $d=690\text{mm}$ 、せん断スパン $a=2025\text{mm}$ 、せん断スパン比 $a/d=2.93$ 、主鉄筋量はせん断破壊先行型のため実構造物よりも多く配筋した。図-1 に供試体の形状、配筋、CFRP グリッドの概略図を示す。

供試体は無補強の P-1、PCM のみで補強した P-2、PCM と補強筋量が異なる CFRP グリッド(CR-4, CR-6, CR-8)で補強した P-3, P-4, P-5 の計 5 種類を作製した。各使用材料の特性値を表-1 に示す。主鉄筋には D35(SD345;降伏強度 381N/mm^2)、せん断補強筋には D10(SD295;降伏強度 397N/mm^2)を使用した。また CFRP グリッドの一本当り断面積は CR-4; 6.6mm^2 、CR-6; 17.5mm^2 、CR-8; 26.4mm^2 、引張強度 1400N/mm^2 、ヤング係数 $1.0 \times 10^5\text{N/mm}^2$ とした。なお、CFRP グリッドの定着は通常 3 格点以上必要とされ²⁾、本供試体では 4 格点確保した。設計上の保有せん断力は、PCM の増厚分を考慮し、CFRP グリッドはハンチ部で十分に定着されているものとして算出した^{3),4)}。試験方法は、載荷を両端単純支持として 2 点載荷とした。また、変位計は中央下端と支点上端に設置した。さらに、ひずみゲージは、既設部上縁側のスパン中央と既設部主鉄筋の下縁側のスパン中央、せん断補強筋および CFRP グリッドのせん断区間にそれぞれ設置した。

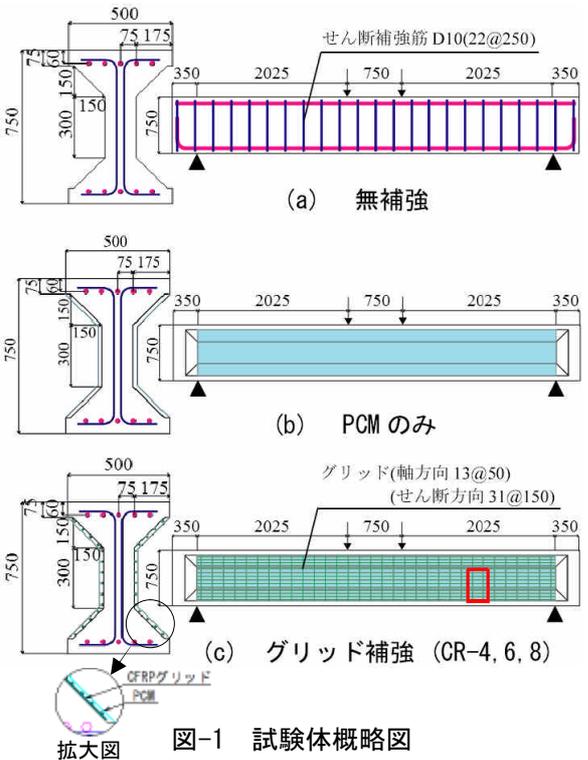


図-1 試験体概略図

表-1 材料特性値

供試体種類	材料	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
無補強(P-1)	コンクリート	23.9	3.43	2.07	2.35×10^4
PCMのみ(P-2)	PCM	54.3	9.40	-	2.45×10^4
補強 (P-3, P-4, P-5)	コンクリート	24.5	3.71	2.09	2.50×10^4
	PCM	51.9	7.40	-	2.45×10^4

3. 試験結果

荷重-スパン中央たわみ関係を図-2 に示す。破壊形態は全て斜め引張型のせん断破壊であった。P-2 は、P-1 と比較して最大荷重の差がなかったことから、PCM のみの補強効果は概ね無いものと考えられる。一方、P-3, P-4, P-5 は P-1 と比較して最大荷重は約 35%増加した。試験終了後に PCM をはつり出し、CFRP グリッドの破断状況や

キーワード CFRP グリッド, PCM 吹付け, 耐震補強, せん断補強, ハンチ

連絡先 〒811-2202 福岡県糟屋郡志免町志免 90 番地 TEL 092-935-1453

PCM の剥離状況を確認した。P-3 におけるはつり状況を写真-2 に示す (図-1 中の赤枠)。ひび割れ直上にある CFRP グリッドは、格点部が直角性を失っているものの破断や剥離は見られなかった。

CFRP グリッドによるせん断耐力の評価を行うため、ひび割れ荷重 P_c 、降伏荷重 P_y 、曲げ終局荷重 P_u およびせん断耐力 P_{s1} 、 P_{s2} を算出した^{3),4)}。ここで P_{s1} はグリッドが破断するまで耐えられると仮定したときのせん断耐力である。また P_{s2} は式(1)を用いて ϵ_{fwd} を有効ひずみとし算出したせん断耐力である。なお式(1)は、コンクリート、PCM、せん断補強筋およびグリッドが受け持つせん断耐力の和である。試験結果を表-2 に示す。補強した供試体では P_{s1} の試験値と計算値の比が 1.0 以下となるものもあり危険側であった。一方、 P_{s2} の試験値と計算値の比はいずれも 1.0 以上であり十分安全側に評価された。これは、有効ひずみの考え方は棒部材に対するものであるが、今回対象とした供試体のグリッドは面でせん断力に抵抗したためであると考えられる。

そこで、試験値、有効ひずみおよび試験値と設計値の比が $\gamma=1.31$ の場合の有効ひずみをそれぞれ求めた。なお、無補強の試験値と設計の比から $\gamma=1.31$ とした。グリッドひずみとグリッド断面積の関係を図-3 に示す。この結果、試験値と有効ひずみは同程度であった。また、有効ひずみ($\gamma=1.31$)まで大きく見積った場合でも、無補強試験体と同程度の安全率を確保することができた。

4. まとめ

CFRP グリッドは、補強量にかかわらず既設部のせん断補強鉄筋に代わりせん断力を負担しており、せん断補強効果が確認された。本工法を実構造物に適用するため、せん断耐力の算出方法を棒部材ではなくグリッドを対象とした有効ひずみの算定法について検討する必要がある。

参考文献

- 1)宮野暢紘ら：CFRP グリッドによるせん断補強 RC はりの耐荷性状に関する実験的検討，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集，pp.347-348，2013.9
- 2)杵山功樹ら：CFRP グリッドを用いた PCM 吹付け工法による補強部界面の応力伝達機構および既設 RC 橋脚の耐震補強，土木学会構造工学論文集，Vol.57A，pp.1-9，2011.3
- 3)土木学会：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，2010.3
- 4)土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)，1996.9

【謝辞】本研究は FRP グリッド工法研究会の新工法開発研究テーマの一環として行ったものです。共同研究を実施した九州大学の皆様，ここに深く感謝致します。

$$V = V_{con} + V_{pcm} + V_{st} + V_g \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 $V_g = A_w \cdot E_w \cdot \epsilon_{fwd} \cdot \frac{z}{s}$ ， A_w ：区間sのグリッドの総断面積 (m^2)
 E_w ：グリッドのヤング係数(N/mm²)， ϵ_{fwd} ：有効ひずみ，
 z ：有効高さ(m)， s ：グリッドの配置間隔(m)
 また、 $\epsilon_{fwd} = \sqrt{f'_{mcd} \frac{p_w E_{fu}}{p_{web} E_w} \times 10^{-4}}$ ， $f'_{mcd} = \left(\frac{h}{0.3}\right)^{10} \cdot f'_{cd}$
 f'_{cd} ：コンクリートの設計圧縮強度(N/mm²)，
 h ：部材の高さ(m)， p_w ：せん断補強筋の引張鋼材比，
 E_{fu} ：せん断補強筋のヤング係数(N/mm²)， p_{web} ：グリッドの引張鋼材比，
 E_w ：グリッドのヤング係数(N/mm²)，
 f'_{mcd} ：寸法効果を考慮したコンクリートの設計圧縮強度(N/mm²)

表-2 試験結果

供試体	項目	P_c	P_y	P_u	P_{s1}	P_{s2}	P_{s1}	P_{s2}
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	試験/計算	試験/計算
P-1 (無補強)	計算	188	1135	1151	509		1.31	
	試験	142	-	-	665			
P-2 (PCMのみ)	計算	190	1140	1148	548		1.24	
	試験	150	-	-	677			
P-3 (CR-4)	計算	190	1138	1190	715	629	1.24	1.41
	試験	150	-	-	885			
P-4 (CR-6)	計算	190	1142	1204	998	676	0.95	1.40
	試験	150	-	-	949			
P-5 (CR-8)	計算	191	1146	1310	1230	698	0.75	1.32
	試験	190	-	-	922			

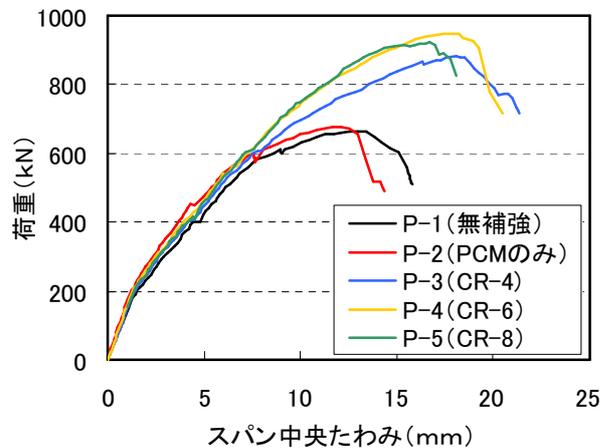


図-2 荷重-スパン中央たわみ関係

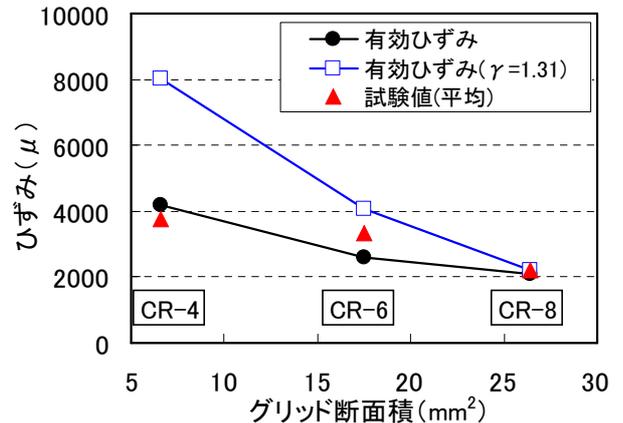


図-3 セン断方向のグリッドひずみとグリッド断面積の関係